1P

УДК 681.518.54

В.А. Резников[1], А.А. Сироткин[2]
[1]Государственный университет информатики и искусственного интеллекта,
г. Донецк, Украина
[2]ОАО «Институт Автоматгормаш им. В.А. Антипова», г. Донецк, Украина

Диагностическое обеспечение управления угледобывающим забоем шахты

Рассмотрена задача диагностического обеспечения управления производственными процессами угледобывающего забоя. Показана возможность решения указанной задачи с помощью комплекса аппаратно-программных средств автоматизированного контроля.

Анализ задачи

Показателями эффективности функционирования угледобывающего забоя являются энергоемкость процесса разрушения угольного массива и коэффициент машинного времени [1], [2]. При этом важность второго показателя с каждым годом возрастает, учитывая постоянный рост технического уровня горных машин и механизмов.

Содержание задачи повышения коэффициента машинного времени покажем на примере очистного комбайна. Суммарное время, затрачиваемое в течение смены на непосредственное использование угольного комбайна по назначению (машинное время), равно:

$$T_{\text{р}} = T_{\text{см}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{во}} - T_{\text{нп}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{см}}$ – длительность смены; $T_{\text{пп}}$ – суммарная длительность плановых простоев (регламентированных перерывов), предусмотренных технологией; $T_{\text{во}}$ – суммарная длительность выполнения вспомогательных (например, концевых) операций; $T_{\text{нп}}$ – суммарная длительность неплановых простоев.

Из формулы (1) следует, что при прочих равных условиях определяющим фактором является длительность неплановых простоев $T_{\text{нп}}$, которые возникают в процессе работы по следующим основным причинам:

1) изменение условий эксплуатации;
2) «неправильный» план;
3) отклонения от плановых заданий, допускаемые исполнителями;
4) отказы очистного комбайна.

При этом, пожалуй, основной причиной отказов очистного комбайна в процессе его использования по назначению является несвоевременное или/и некачественное обслуживание, эффективность которого можно оценить с помощью следующего показателя [3]:

$$k_{\text{пф}} = \frac{n_{\text{пф}}}{n_{\text{пф}} + n}, \quad (2)$$

где $n_{\text{пф}}$ – число возможных отказов, выявленных и устраненных при профилактическом обслуживании; n – число отказов, возникших при эксплуатации объекта и обусловленных его несвоевременным или/и некачественным обслуживанием и ремонтом.

Следовательно, необходимо при каждом i-м плановом обслуживании восстанавливать работоспособность тех элементов комбайна (путем ремонта или замены), действительное техническое состояние которых таково, что с высокой степенью вероятности приведет к отказу в промежутке времени между i-м и (i+1)-м обслуживаниями.

Успешное решение данной задачи возможно в том случае, когда руководство добычного участка обладает информацией о действительном техническом состоянии функционально-конструктивных элементов очистного комбайна. Более того, наличие такой информации дает возможность успешно решать и задачу снижения энергоемкости процесса разрушения угольного массива, поскольку не допускается работа комбайна с непроизводительными затратами электроэнергии.

Источником указанной информации являются соответствующие технические средства диагностирования. При отсутствии таких средств руководству приходится применять менее эффективные стратегии планово-предупредительных ремонтов [4]. Более того, информация о техническом состоянии очистного комбайна, сообщаемая производственным персоналом, носит субъективный характер и зачастую содержит достаточно большой объем нечетких (расплывчатых) данных. Все это в конечном итоге приводит к отказам в рабочие смены и, как следствие, к неплановым простоям.

В данной статье рассматривается способ решения поставленной задачи с помощью информационной системы, сконструированной на базе комплекса аппаратно-программных средств автоматизированного контроля.

Состав исходной информации

Комплекс аппаратно-программных средств автоматизированного контроля (КСКО) размещен в забое и на штреке и предназначен для выполнения следующих функций:

1) автоматизированный непрерывный контроль параметров работы оборудования угледобывающего забоя;

2) обработка и отображение информации, необходимой для принятия оперативных решений;

3) хранение и передача данных в общешахтную информационную сеть.

Основным элементом КСКО является блок автоматизированного контроля (БАК), построенный на базе индустриального панельного микроконтроллера с LCD-дисплеем, мембранной функционально-цифровой клавиатурой, коммуникационными портами и блоками ввода/вывода с опторазвязкой.

В табл. 1 приведен состав исходной информации, используемой для контроля технического состояния очистного комбайна, конвейера и насосной станции.

Таблица 1 – Состав исходной информации

Обозначение	Наименование сигнала
$I_{к.1}$, $I_{к.2}$	Токи в обмотках статоров электродвигателей резания комбайна
$I_{к.п}$	Ток в обмотке статора электродвигателя подачи комбайна
$I_{кн.1}$, $I_{кн.2}$	Токи в обмотках статоров «верхнего» и «нижнего» электродвигателей забойного конвейера
P, Q	Давление и расход жидкости в напорной магистрали насосной станции

Текущие значения контролируемых переменных через общешахтную информационную сеть передаются в персональный компьютер (ПЭВМ ЛПР), установленный в нарядной добычного участка и реализующий специальную программу «Параметры технического состояния», состоящую, в свою очередь, из трех подпрограмм – «Комбайн», «Конвейер» и «Насосная станция».

Способы контроля технического состояния

Подпрограмма «Комбайн». В данной работе основное внимание уделено контролю технического состояния электродвигателей резания и подачи. Анализ работ по надежности комбайновых электродвигателей с короткозамкнутым ротором показывает [5], что основными причинами их отказов являются: межвитковые, межфазные и корпусные замыкания обмоток статора, дефекты подшипников и изменение воздушного зазора между статором и ротором. Но при этом определяющими с точки зрения надежности являются различные дефекты обмоток статора, на долю которых приходится до 80% всех отказов электродвигателей, а в некоторых отраслях – 85 – 90% [6]. В настоящее время существует большое количество различных способов контроля технического состояния обмоток статора, основывающихся на анализе токов утечки, шума и вибрации, температуры, высокочастотных пульсаций токов в обмотках статора и т.п. Для того чтобы определить в какой мере имеющаяся в рассматриваемой системе информация может быть использована для прогнозирования технического состояния электродвигателей, рассмотрим причину возникновения и физику формирования различных замыканий статорных обмоток.

В работах [5], [6] указывается, что наиболее распространенными причинами возникновения замыканий в обмотках статора являются нарушения технологии изготовления обмоток и условия эксплуатации. Нарушения технологии приводят к образованию булавочных отверстий с пониженным пробивным напряжением. В нерабочие периоды, когда происходит остывание двигателя, в эти отверстия попадает влага, которая затем подсушивается во время работы. Такой периодически повторяющийся процесс способствует «расширению» начальных булавочных отверстий и тем самым еще большему снижению пробивного напряжения. Между такими местами изоляции образуется электрическая дуга, «прожигающая» первичные поры, что и приводит в конечном итоге к возникновению различных замыканий обмотки.

В процессе работы на обмотки статора воздействуют электродинамические и механические усилия, достигающие больших значений при перегрузках, поскольку значения указанных сил пропорциональны квадрату токов. Следовательно, перегрузки являются весомой причиной старения изоляции и, как следствие, ускорения развития ее первичных дефектов. Еще одним важным фактором, влияющим на срок службы изоляции обмоток статора, является температура, при которой работают обмотки. В теории надежности электрических машин существует «правило восьми градусов» [6], согласно которому повышение температуры на каждые восемь градусов приводит к сокращению срока службы изоляции вдвое. В то же время известно, что температурный режим работы обмоток также зависит от уровня протекающих по ним токов. Кроме того, ток в обмотках статора при прочих равных условиях почти однозначно зависит от внешней нагрузки, которая на валу исполнительного органа очистного комбайна носит нестационарный характер. Такого рода нагрузки можно отнести к классу циклических нагружений, которые вызывают в механических элементах привода накопление усталостных повреждений [7]. Последние, в свою очередь, приводят к увеличению нагрузки на валу электродвигателя при неизменной внешней нагрузке.

Из сказанного следует, что контролируемые КСКО токи $I_{\text{к.1}}$, $I_{\text{к.2}}$ и $I_{\text{к.п}}$ можно использовать в качестве информативных признаков для прогнозирования технического состояния приводов очистного комбайна.

При выборе подпрограммы «Параметры технического состояния. Комбайн» на экране дисплея ПЭВМ ЛПР появится таблица параметров перегрузки приводов очистного комбайна (рис. 1).

Участок:		Лава:		
Дата	Смена / Бригада	$q_{к.1}$	$q_{к.2}$	$q_{к.п}$
...	... / ...	...	...	...

Рисунок 1 – Экранная форма таблицы параметров перегрузки приводов очистного комбайна

Параметр перегрузки определяется по следующей формуле:

$$q_k = \frac{\sum_{m=1}^{M} \widetilde{I}_{km} \cdot t_{km}}{I_{k.\text{ном}} \cdot t_{k.\text{ном}}}, \quad (3)$$

где $M \in N$ – число диапазонов, в которых $\widetilde{I}_{km} > I_{k.\text{ном}}$; $m \in M$ – номер диапазона.

Данная таблица дает возможность сопоставить приведенные в ней данные по датам, сменам и бригадам. «Раскрытие» этой таблицы позволяет отобразить график изменения максимальных и минимальных значений $q_{к.k}$ (рис. 2) по датам за период, как минимум, декады, начиная с выбранной даты. Анализ этого графика при различных значениях скорости подачи позволяет установить размах перегрузок и тенденцию их изменения за большой период времени в зависимости от режимов работы очистного комбайна.

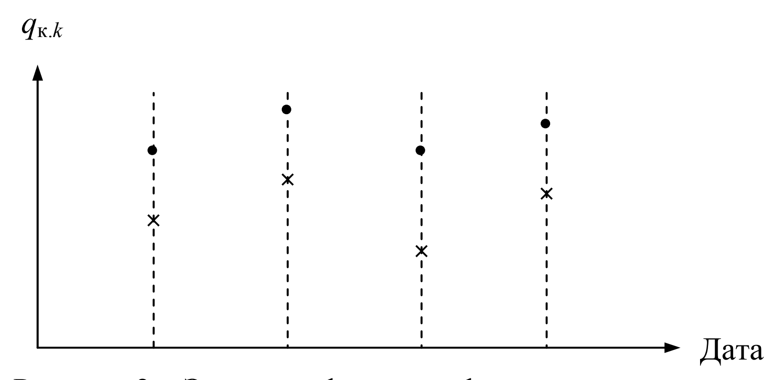


Рисунок 2 – Экранная форма графика перегрузок

Подпрограмма «Конвейер». При выборе подпрограммы «Параметры технического состояния. Конвейер» на экране дисплея появится таблица параметров перегрузки приводов забойного конвейера (рис. 3).

Участок:		Лава:	
Дата	Смена / Бригада	$q_{кн.1}$	$q_{кн.2}$
...	... / ...	...	...

Рисунок 3 – Экранная форма таблицы параметров перегрузки приводов конвейера

Параметры перегрузки вычисляются по формуле (3), а экранная форма графика перегрузки приводов забойного конвейера аналогична показанной на рис. 2.

Подпрограмма «Насосная станция». Из работы [8] следует, что при имеющемся составе входной информации (табл. 1) задачи контроля технического состояния насосной станции ограничиваются только прогнозированием возможных износов и механических дефектов плунжерных пар и нарушения герметичности, которые проявляются в увеличении диапазона изменения рабочих давлений.

Поэтому в качестве диагностических признаков указанных дефектов в данной подпрограмме для каждой даты работы лавы приняты:

– среднее значение давления в напорной магистрали насосной станции $P_{\text{ср}}$;

– среднее значение положительных отклонений давления $\Delta P_{\text{ср}}^{+}$;

– среднее значение отрицательных отклонений давления $\Delta P_{\text{ср}}^{-}$.

Указанные признаки определяются следующим образом:

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{n=1}^{N} P_n}{N}, \tag{4}$$

$$\Delta P_{\text{ср}}^{+} = \frac{\sum_{k=1}^{K} \left(P_k^{+} - P_{\text{ср}} \right)}{K}, \tag{5}$$

$$\Delta P_{\text{ср}}^{-} = \frac{\sum_{m=1}^{M} \left(P_m^{-} - P_{\text{ср}} \right)}{M}, \tag{6}$$

где P^{+} и P^{-} – значения давления больше и меньше $P_{\text{ср}}$ соответственно.

В результате представляется возможность отобразить графики изменения $P_{\text{ср}}$, $\Delta P_{\text{ср}}^{+}$ и $\Delta P_{\text{ср}}^{-}$ по датам (рис. 4).

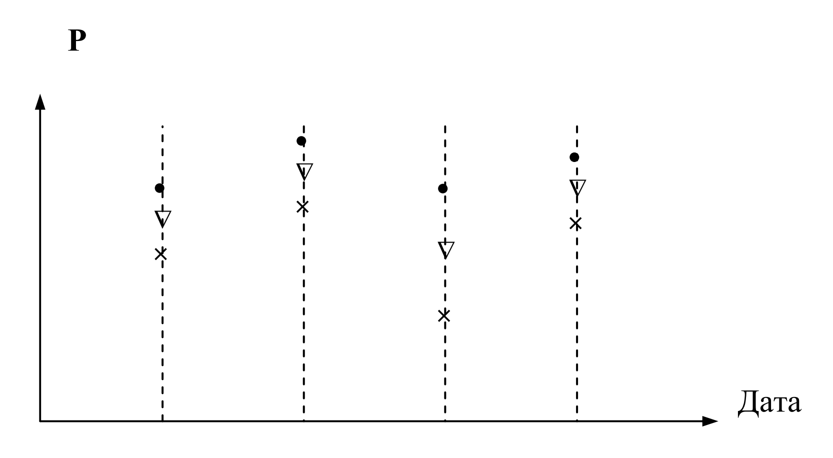


Рисунок 4 – Экранная форма графиков давлений

Заключение

Важность задачи повышения коэффициента машинного времени возрастает с ростом технического уровня оборудования очистных забоев. Для успешного решения этой задачи руководство добычного участка и соответствующие службы шахты должны быть обеспечены информацией о действительном техническом состоянии оборудования, что позволит применять наиболее эффективные стратегии профилактического обслуживания. Наиболее достоверным и оперативным источником такой информации являются автоматизированные технические средства диагностирования. В то же время проведенный в данной работе анализ показывает, что таким источником может быть и разработанный комплекс средств автоматизированного контроля КСКО, который, хотя и не предназначен непосредственно для решения указанной задачи, дает возможность сформировать диагностическую информацию, объем и состав которой вполне достаточен для обоснованного планирования работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования угледобывающего забоя.

Литература

1. Сапицкий К.Ф. Надежность технологических процессов эксплуатационного участка шахты / Сапицкий К.Ф., Мирошников С.Н., Чекавский В.И. – М. : Недра, 1978. – 182 с.
2. Солод Г.И. Эксплуатация и ремонт горного оборудования / Г.И. Солод, В.И. Морозов. – М. : Изд-во НТГО, 1983. – 100 с.
3. Глазунов Л.П. Основы теории надежности автоматических систем управления / Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
4. Гимельшейн Л.Я. Техническое обслуживание и ремонт подземного оборудования / Гимельшейн Л.Я. – М. : Недра, 1984. – 221 с.
5. Надежность асинхронных электродвигателей / под ред. Б.Н. Ванеева. – Киев : Техніка, 1984. – 143 с.
6. Таран В.П. Диагностирование электрооборудования / Таран В.П. – Киев : Техніка, 1983. – 200 с.
7. Надежность в машиностроении : справочник / под ред. В.В. Шашкина и Г.П. Корзова. – СПб. : Политехника, 1992. – 719 с.
8. Технические средства диагностирования : справочник / под общей ред. В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 1989. – 672 с.

В.О. Рєзніков, О.А. Сіроткін

Діагностичне забезпечення керування вугледобувним вибоєм шахти

Розглянута задача діагностичного забезпечення керування виробничими процесами вугледобувного вибою. Показана можливість рішення вказаної задачи за допомогою комплекса апаратно-програмних засобів автоматизованого контролю.

V.A. Reznikov, A.A. Sirotkin

Diagnostic Providing of Management Coal Face of Mine

In this paper we consider the problem of diagnosability provision of the industrial process control of coal face. It is shown the possibility to solve the above-mentioned problem by the instrumentality of hardware-software complex of automated testing.

Статья поступила в редакцию 24.09.2009.